

MANUEL D’INSTRUCTIONS

JAUGE EXTENSOMÉTRIQUE À CORDE VIBRANTE

Modèle EM

L’installation et l’utilisation de ce produit peuvent parfois s’avérer dangereuses ; elles doivent être faites par du personnel qualifié seulement. Les instructions contenues dans ce manuel sont fournies à titre indicatif et sont sous réserve de modifications. La Société n’assume aucune responsabilité quant au dommage qui pourrait résulter de l’installation ou de l’utilisation de ce produit.

Tél. : 1.450.465.1113 • 1.877.ROCTEST (Canada, États-Unis) • 33.1.64.06.40.80 (France) • 41.91.610.1800 (Suisse)
www.roctest-group.com

F10114-120203



TABLE DES MATIÈRES

1 PRODUIT

1.1 DESCRIPTION

La jauge extensométrique à corde vibrante, modèle EM-5 est conçue pour mesurer les déformations internes du béton. Elle peut être placée dans les fondations, les structures des ponts, des barrages, des centrales électriques nucléaires, les parois des tunnels, etc., où une fiabilité à long terme et une haute résolution sont requises.

La jauge EM-5 se compose de deux joues circulaires reliées par un tube qui protège une fine corde d'acier à résistance élevée et traitée thermiquement. La corde est scellée à chaque extrémité du tube par un double joint torique. Les deux joues servent à transférer les déformations du béton à la corde. La tension initiale de la corde est ajustée en fonction du comportement prévisible du milieu dans lequel est noyée la jauge, soit en tension ou en compression. La corde est fixée aux deux extrémités par sertissage hydraulique, ce qui équivaut à une soudure, mais n'affecte pas les propriétés élastiques de la corde.

Un électroaimant protégé par une enveloppe métallique est fixé au milieu du tube. Les contraintes qui se développent dans le béton modifient la tension mécanique de la corde et, par conséquent, sa fréquence de résonance. Le poste de mesure MB-6T (ou MB-6TL) génère dans l'électroaimant un voltage d'excitation dans le spectre de la fréquence naturelle de la corde et, de ce fait, force l'oscillation de la corde. En retour, la vibration de la corde génère un courant alternatif enregistré par l'électroaimant. Les circuits électroniques du poste de mesure amplifient le signal, éliminent les harmoniques et sélectionnent la fréquence de résonance correspondant au maximum du voltage enregistré. Le poste affiche les lectures en microsecondes ou en microdéformations.

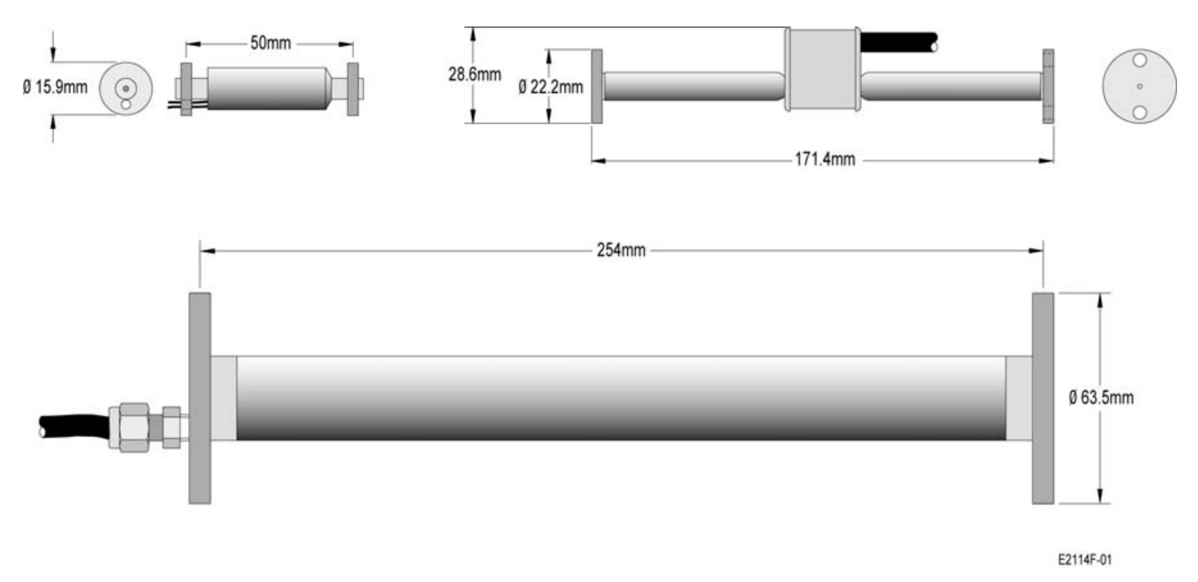


Schéma d'ensemble de la jauge EM-5 et des jauges EM-2 et EM-10





Les deux joues d'extrémité servent à ancrer la jauge dans le béton et à fixer ainsi la longueur de la jauge pour la mesure. Une vis d'ajustement est placée dans l'une des joues afin de permettre le réglage de la tension de la corde. Sauf indication contraire, la tension initiale est réglée en usine. Une fois la jauge enfouie, les mouvements du béton outrepassent complètement la force du ressort et, ainsi, les variations de contraintes dans la corde sont directement proportionnelles aux contraintes du béton, représentant la déformation mesurée entre les plaques circulaires.

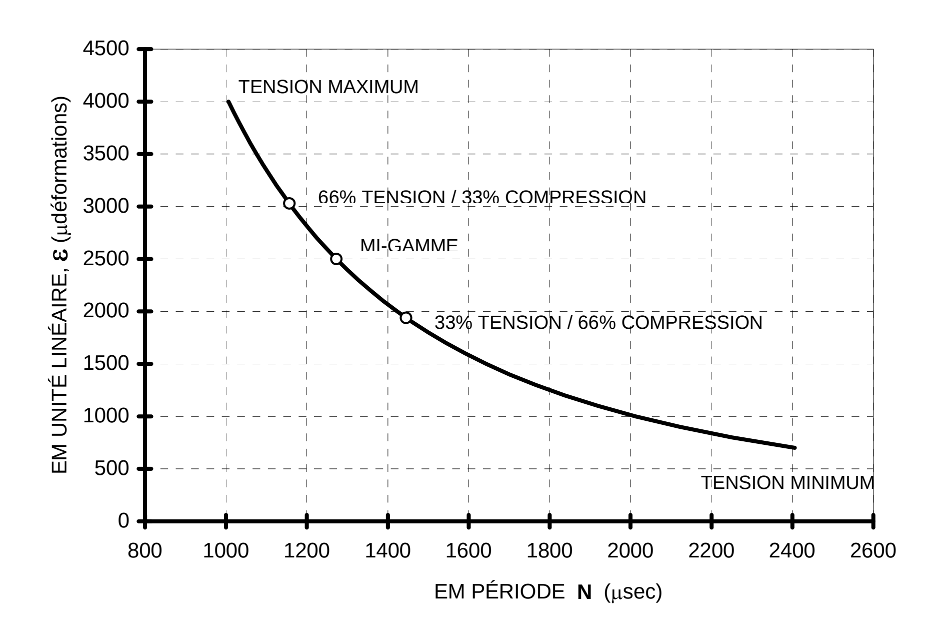
Les joues d'extrémité sont scellées avec le tube d'acier par deux joints toriques. L'électroaimant est positionné au centre du tube et est maintenu en place à l'aide d'un scellement de résine. Il n'y a pas de contact direct entre l'électroaimant et la corde tendue, puisque le champ magnétique utilisé pour exciter la corde passe à travers la paroi du tube en acier inoxydable.

1.2 ÉTENDUE DE MESURE

L'étendue de mesure nominale de la jauge EM-5 est de 3000 microdéformations, ce qui correspond à une déformation d'environ 0,5 mm entre les joues d'extrémité.

La Figure ci-dessous comporte une courbe des unités de microdéformations vs la période de vibration en microsecondes.

Le réglage au point milieu est d'environ 2500 unités linéaires et correspond à une lecture de 1275 microsecondes avec le poste de lecture MB-6T (ou MB-6TL).



Lectures déformation vs période de la jauge EM





2 INSTALLATION

2.1 ESSAIS PRÉLIMINAIRES

La jauge EM-5 est habituellement fournie pré-réglée à mi-course, soit 1275 ± 100 µs, ce qui correspond à environ 2500 unités linéaires. Avec ce réglage, la plage est d'environ 1500 microdéformations, en tension, et de 1500 microdéformations, en compression. La lecture de la jauge doit toujours être vérifiée avant l'installation. Pour cette étape, suivre les instructions dans le manuel des postes MB-6T ou MB-6TL.

Les lectures de résistance exactes entre les conducteurs du câble sont :

Conducteur	Résistance
Noir	140 Ω ±10
Rouge	
Vert	3000 Ω à 25 °C
Blanc	(varie avec la température)

Lectures de résistance

Si la valeur de la résistance est inexacte, vérifier les raccords ou inspecter le câble afin de retracer tout dommage. Au besoin, consulter le manufacturier pour toute réparation ou procédure de remplacement.

2.2 MISE EN PLACE DE LA JAUGE

La jauge EM-5 est habituellement mise en place dans les structures en béton, de l'une des deux façons suivantes : elle peut être noyée directement dans le béton humide ou encapsulée dans une briquette de béton qui sera noyée dans le béton humide par la suite. Il est également possible d'installer la jauge dans le béton projeté et dans des trous de forage en la scellant à l'aide de mortier.

2.2.1 ENFOUISSEMENT DIRECT DANS LE BÉTON HUMIDE

Des fils de fer peuvent être attachés au tube central pour permettre de fixer la jauge extensométrique aux fers à béton, aux coffrages, etc., et de la maintenir ainsi dans une orientation déterminée. Dans les cas où les vibrateurs sont utilisés, des précautions doivent être prises pour éviter d'endommager le câble et la jauge. Il est également essentiel d'éviter de déposer de gros agrégats près de la jauge afin d'éviter d'induire des concentrations de contraintes locales. Si possible, la grosseur des agrégats situés dans un rayon de 25 cm autour de la jauge ne doit pas dépasser de 2,5 cm. Au besoin, enlever manuellement les gros agrégats (de plus de 1,5 cm) autour de la jauge.

Dans les cas où les variations de contraintes selon deux ou trois axes doivent être évaluées, il peut être nécessaire de fabriquer un cadre ou une rosette de support des jauges extensométriques, pour maintenir les jauges dans la même orientation les unes par rapport aux autres. S'assurer que les supports ne restreignent pas les mouvements





des jauges.

2.2.2 ENCAPSULAGE DANS DES BRIQUETTES DE BÉTON

Pour éviter tout dommage à la jauge et s'assurer que celle-ci n'est pas exposée à des champs de contraintes non uniformes, il est possible de couler les jauges dans des briquettes de béton qui seront à leur tour enfouies dans le béton humide sur le chantier.

Il ne faut pas couler les briquettes plus de 48 heures avant le bétonnage.

Les briquettes doivent être faites à partir d'un mélange identique à celui utilisé en chantier, mais avec de petits agrégats (de moins de 12 mm), et elles doivent être durcies sous l'eau et gardées complètement saturées, pour éviter les contraintes de rétrécissement locales.

2.2.3 COULAGE DANS LE BÉTON PROJETÉ

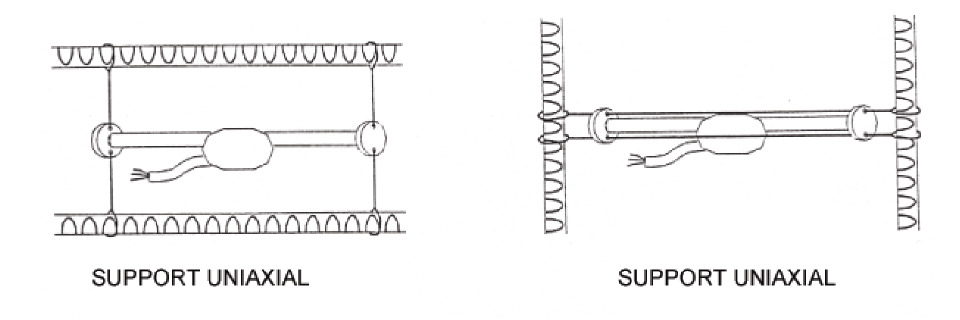
En raison du risque d'endommager les jauges au moment de la mise en place du béton projeté et des difficultés liées au contrôle de la grosseur des agrégats autour de la jauge, il est préférable de placer les jauges dans des briquettes faites à partir de béton projeté. Les risques de dommages graves aux jauges et aux câbles sont très importants, et des précautions particulières doivent être prises pour les éviter.

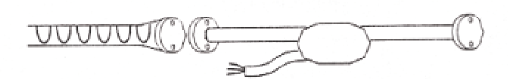
2.2.4 JAUGE TÉMOIN

Dans l'ensemble, il est recommandé d'installer une jauge fictive, également nommée jauge témoin, près des autres jauges EM-5, pour observer leurs déformations dans un même environnement, mais sans les effets de contraintes et de charges exercés par la structure elle-même. La jauge témoin consiste en une EM-5 placée dans un boîtier spécial, sur lequel la structure n'exerce aucune contrainte. Toutefois, les variations de déformations liées à la température et à d'autres facteurs, tels que les effets hydriques, peuvent être observées au moyen de la jauge témoin et servir ensuite à évaluer les déformations véritables appliquées aux jauges EM-5.

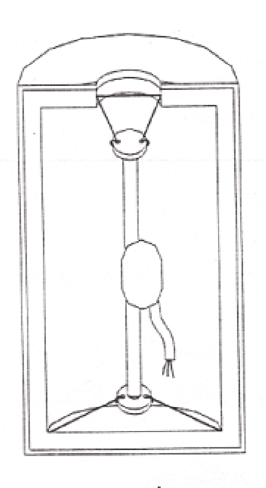








SUPPORT UNIAXIAL



JAUGE TÉMOIN

Installations typiques de la EM-5

2.3 PROTECTION DES CÂBLES

Les câbles des diverses jauges sont habituellement reliés à une station de mesure centrale et ils sont raccordés à des boîtiers terminaux pour faciliter leur lecture. Au besoin, des couvercles doivent être installés pour protéger les câbles, notamment dans les cas d'installation avec béton projeté. De plus, les câbles ne doivent jamais être tendus lors de leur cheminement.

3 LECTURE ET INTERPRÉTATION

3.1 LECTURE AVEC UN MB-6T (OU MB-6TL)

Pour lire la jauge EM-5 (corde et thermistance), suivre la procédure décrite dans le





manuel d'instructions des postes de lecture MB-6T ou MB-6TL.

3.1.1 LECTURES EN MODE «NORMAL» (N)

La variation de déformation est exprimée par :

$$\Delta\varepsilon = \varepsilon_1 - \varepsilon_0 = K \times 10^9 \left[\frac{1}{N_1^2} - \frac{1}{N_0^2}\right]$$

où :	$\Delta\varepsilon$	=	Variation de déformation sur la surface étudiée (en μdéformations)
	K	=	Constante de jauge = 4.0624
	N_0	=	Lecture initiale en mode «**NORMAL**» (en μsecondes)
	N_1	=	Lecture courante en mode «**NORMAL**» (en μsecondes)
	ε_1	=	Déformation correspondant à N_1 (en μdéformations)
	ε_0	=	Déformation correspondant à N_0 (en μdéformations)

3.1.2 LECTURES EN MODE «LINEAR» (L)

Pour déterminer la variation de déformation dans le béton en utilisant les lectures en mode «LINEAR», utiliser l'équation suivante :

$$\Delta\varepsilon = (L_1 - L_0)$$

où :	$\Delta\varepsilon$	=	Variation de déformation sur la surface étudiée (en μdéformations)
	L_0	=	Lecture initiale en mode «**LINEAR**» (en μdéformations)
	L_1	=	Lecture courante en mode «**LINEAR**» (en μdéformations)

Les lectures décroissantes de L correspondent à une valeur négative de $\Delta\varepsilon$ et reflètent une compression de la structure.

3.2 INTERPRÉTATION DES DONNÉES

L'interprétation des lectures des jauges extensométriques ne fait pas partie des objectifs du présent manuel. Toutefois, l'usager doit connaître les difficultés que comporte l'interprétation des contraintes du béton quant aux forces à long terme. Les déformations qui servent à déterminer les forces doivent être mesurées de façon à permettre de distinguer les contraintes dues aux forces et celles dues aux autres facteurs. Ces derniers comprennent les variations de températures et d'humidité, les contraintes dues au séchage du béton (appelées variation de volume autogène du béton) et les contraintes causées par la présence de la jauge même. Les autres facteurs qui doivent être pris en considération sont les contraintes dues aux effets internes qui n'ont aucune résultante externe nette; c'est-à-dire qu'elles ne sont pas dues à une charge externe appliquée. Ces contraintes sont dues principalement aux gradients thermiques et d'humidité et aux discontinuités locales de contraintes causées par les fers à béton et leur assemblage.

L'influence de bon nombre de ces facteurs n'est pas entièrement comprise et fait encore





l'objet de désaccords. Par conséquent, il n'est pas vraiment possible de rédiger un guide d'aide valable pour les usagers potentiels. Lorsque les lectures sont faites en même temps que l'application des charges, l'interprétation devient beaucoup facile.

Le coefficient d'expansion de l'acier de la jauge, 11.5 microdéformations/^{o}C, est près de celui du béton, lequel varie de 7 à 20 microdéformations/^{o}C, alors que les facteurs de correction pour l'effet de température causé par l'expansion différentielle sont habituellement négligeables. Comme il a déjà été mentionné, diverses approches peuvent être utilisées pour l'analyse de données des jauges EM. Nous avons inclus ci-dessous deux procédures générales pour l'analyse de données. Ces procédures permettent d'évaluer la contrainte effective à l'emplacement des jauges EM-5 dans la structure, sans les effets environnementaux et les autres contraintes non valables.

4 DIVERS

4.1 DEUX MÉTHODES D'INTERPRÉTATION DES LECTURES

Les lectures de déformations totales de la EM-5 comprennent les déformations causées par des facteurs divers qui s'ajoutent à la contrainte effective appliquée :

$$\varepsilon = \varepsilon_e + \varepsilon_c + \varepsilon_h + \varepsilon_s$$

où	ε	=	la déformation totale, en microdéformations
	ε_e	=	la déformation due à la contrainte effective appliquée, en microdéformations
	ε_c	=	la déformation due au fluage, en microdéformations
	ε_h	=	la déformation due aux effets hydriques et d'humidité, en microdéformations
	ε_s	=	la déformation causée par les autres facteurs, tels que les discontinuités locales.

La valeur de ε_s peut être omise, puisqu'elle est considérée comme négligeable, sauf dans certains cas précis d'installation. La valeur ε_s peut également être considérée comme cachée dans la valeur ε_e. Par conséquent, l'équation principale ci-dessus devient :

$$\varepsilon = \varepsilon_e + \varepsilon_c + \varepsilon_h$$

MÉTHODE 1 - Correction directe à partir de la jauge témoin

Lorsque la jauge témoin peut être considérée comme soumise aux mêmes conditions





environnementales que les autres jauges EM-5, après installation et surtout après la période de durcissement, il est très acceptable de soustraire directement la déformation totale lue par la jauge témoin de la déformation totale lue par la jauge EM-5. Puisque l'on considère que les deux valeurs exprimées par εh sont égales et que les valeurs ε_e et ε_c de la jauge témoin équivalent à zéro, l'on obtient :

$$\varepsilon_e = \varepsilon - \varepsilon_c - \varepsilon_{nsg}$$

où	ε_e	=	la déformation due à la contrainte effective appliquée, en microdéformations
	ε	=	la déformation totale, en microdéformations
	ε_c	=	la déformation due au fluage, en microdéformations
	ε_{nsg}	=	la déformation totale de la jauge témoin, en microdéformations

L'équation ci-dessus ne s'applique que si la jauge et la jauge témoin sont soumises à des conditions environnementales identiques, au même moment, et si elles sont coulées dans le même béton.

Lorsqu'il n'est pas possible d'évaluer ε_c, celle-ci est habituellement cachée. Bon nombre de personnes cachent la valeur ε_c dans la valeur ε_e. Consulter la sous-section de la méthode 2 d'interprétation des données qui porte sur la déformation due au fluage ε_c, pour des précisions supplémentaires.

Exemple de la première méthode

ε_0	=	2505,6 unités linéaires, lecture initiale de la EM-5
ε_1	=	2210,0 unités linéaires, lecture actuelle de la EM-5
ε_{0nsg}	=	2402,1 unités linéaires, lecture initiale de la jauge témoin
ε_{1nsg}	=	2320,4 unités linéaires, lecture actuelle de la jauge témoin

Si on considère que ε_c est inclus dans ε_e, on obtient alors :

$\varepsilon = \varepsilon_1 - \varepsilon_0 = 2210,0 - 2505,6 = -295,6$ microdéformations

$\varepsilon_{nsg} = \varepsilon_{1nsg} - \varepsilon_{0nsg} = 2320,4 - 2402,1 = -81,7$ microdéformations.

Alors, la déformation due à la contrainte effective appliquée est :

$\varepsilon_e = \varepsilon - \varepsilon_{nsg}$

$\varepsilon_e = (-295,6) - (-81,7) = -213,9$ microdéformations.





MÉTHODE 2 - Interprétation des données avec les corrections théoriques

Dans le cas de cette méthode, l'utilisation d'une jauge témoin peut s'avérer très utile, mais peut être omise si tous les paramètres de comportement sont connus. Dans la méthode 1, nous avons vu que la déformation totale lue est :

$$\varepsilon = \varepsilon_e + \varepsilon_c + \varepsilon_h + \varepsilon_s$$

où la valeur ε_s est considérée comme négligeable ou cachée dans la valeur ε_e.

CALCUL DE LA DÉFORMATION RÉELLE ε_r

La déformation réelle ε_r est la déformation totale à laquelle s'ajoute l'expansion thermique de la corde et celle du béton, comme si la jauge extensométrique EM-5 n'était pas confinée.

$$\varepsilon_r = \varepsilon + (\alpha_c - \eta\beta) \times (T_1 - T_0)$$

où	ε	=	la mesure totale de la déformation, en microdéformations
	ε_r	=	la déformation réelle, en microdéformations
	α_c	=	le facteur d'expansion linéaire de la corde de la jauge EM-5 = 11,5 μm/m/°C (6,4 μpo/po/°F)
	T_1	=	la lecture actuelle de la température, en °C
	T_0	=	la lecture initiale de la température, en °C.
	β	=	le facteur d'expansion thermique du béton, en μm/m/°C, équivalant généralement à α_c : 7μm/m/°C < β < 20μm/m/°C. Le facteur d'expansion ηβ est connu à partir des essais en laboratoire ou peut être estimé à partir des lectures de chaque jauge EM-5 avec une régression linéaire de la valeur ε versus T°, après le retrait de toute valeur aberrante du tableau des données. Dans le cas de certaines applications, la valeur de ηβ ou de β peut varier d'une jauge EM-5 à l'autre, selon leur emplacement dans la structure et l'homogénéité du comportement de la masse de béton.
	η	=	le degré de liberté de la structure en béton dans le matériau environnant $0 \leq \eta \leq 1$. Dans le cas de la jauge témoin EM, la valeur de η est 1.

De façon générale, la valeur de η est également 1, puisque le matériau environnant est confiné à une unité et ne permet aucun mouvement autre que la déformation causée par la masse de béton.





Puisqu'il n'est pas facile d'obtenir la valeur de η à partir d'essais en laboratoire, il est préférable de la mesurer à partir des données d'exploitation, tel qu'il est décrit plus haut. La courbe du graphique représente $\eta\beta$ directement, qui équivaut à β si $\eta = 1$.

DÉFORMATION EFFECTIVE ε_e

La déformation effective ε_e est la déformation causée uniquement par la charge structurelle, sans les effets thermiques, hydriques ou de fluage :

$$\varepsilon_e = \varepsilon_r - \varepsilon_c - \varepsilon_h$$

où	ε_e	=	la déformation due à la contrainte effective appliquée, en microdéformations
	ε_r	=	la déformation réelle, en microdéformations
	ε_c	=	la déformation due au fluage, en microdéformations
	ε_h	=	la déformation causée par les effets hydriques, en microdéformations.

DÉFORMATION DUE AU FLUAGE ε_c

La déformation due au fluage ε_c est la déformation causée par le fluage de la masse de béton et elle possède un comportement lié au temps. La valeur ε_c peut être obtenue en laboratoire, mais la valeur ε_c maximum atteint généralement le double de la déformation élastique instantanée.

Puisque la valeur ε_c peut résulter de la charge appliquée à la structure, elle peut demeurer cachée dans la valeur ε_e, la déformation effective. Il incombe au laboratoire chargé des essais sur le béton d'estimer la valeur de ε_c.

DÉFORMATION HYDRIQUE ε_h

La valeur appelée ε_h, soit la déformation hydrique de la masse de béton, comprend toutes les déformations causées par les réactions chimiques et mécaniques du matériau, qui sont susceptibles de devenir permanentes, telles que l'expansion différentielle de la structure pendant le durcissement, l'absorption de l'eau autour de la structure, les réactions chimiques, etc.

La valeur de ε_h peut être considérée comme semblable à celle de toutes les jauges EM-5 enfouies dans le même béton et au même moment et soumises à des conditions environnementales semblables.

Exemple de la seconde méthode :





Équation générale:

$$\varepsilon_e = \varepsilon_r - \varepsilon_c - \varepsilon_h \qquad (1)$$

Autres équations:

$$\varepsilon_r = \varepsilon + (\alpha - \eta\beta) \times (T_1 - T_0) \qquad (2)$$

$$\varepsilon = \varepsilon_1 - \varepsilon_0 \qquad (3)$$

En insérant les équations 2 et 3 dans l'équation 1, on obtient:

$$\varepsilon_e = (\varepsilon_1 - \varepsilon_0) + (\alpha - \eta\beta) \times (T_1 - T_0) - \varepsilon_c - \varepsilon_h \qquad (4)$$

Exemple:

ε_0 = 3535.7 UL, lecture initiale de la EM

ε_1 = 3229.0 UL, lecture actuelle de la EM

α = 10.0 μm/m/°C, facteur d'expansion linéaire de la corde de la jauge EM

T_0 = 20.2 °C, lecture initiale de la température

T_1 = 25.4 °C, lecture actuelle de la température

β = 11.0 μm/m/°C, facteur d'expansion thermique du béton

η = 1, degré de liberté de la structure en béton

Si l'on considère ε_c caché dans ε_e et ε_h négligeable, alors on obtient:

$$\varepsilon_e = (\varepsilon_1 - \varepsilon_0) + (\alpha - \eta\beta) \times (T_1 - T_0) \qquad (5)$$

$$\varepsilon_e = (3229.0 - 3535.7) + (10.0 - (1) \times (11.0)) \times (25.4 - 20.2)$$

$$\varepsilon_e = (-306.7) + (-1) \times (5.2)$$

ε_0 = - 311.9 microdéformations





4.2 TABLE DE CONVERSION (TEMPÉRATURE ~ RÉSISTANCE)

Temp. °C	Types de résistances			Temp. °C	Types de résistances		
	2K	3K	10K		2K	3K	10K
-50		201100	670500	1	6208	9310	31030
-49		187300	670500	2	5900	8851	29500
-48		174500	624300	3	5612	8417	28060
-47		162700	581700	4	5336	8006	26690
-46		151700	542200	5	5080	7618	25400
-45		141600	440800	6	4836	7252	24170
-44		132200	472000	7	4604	6905	23020
-43		123500	411700	8	4384	6576	21920
-42		115400	384800	9	4176	6265	20880
-41		107900	359800	10	3980	5971	19900
-40	67320	101000	336500	11	3794	5692	18970
-39	63000	94480	315000	12	3618	5427	18090
-38	59000	88460	294900	13	3452	5177	17260
-37	55280	82870	276200	14	3292	4939	16470
-36	51800	77660	258900	15	3142	4714	15710
-35	48560	72810	242700	16	3000	4500	15000
-34	45560	68300	227700	17	2864	4297	14330
-33	42760	64090	213600	18	2736	4105	13680
-32	40120	60170	200600	19	2614	3922	13070
-31	37680	56510	188400	20	2498	3748	12500
-30	35400	53100	177000	21	2388	3583	11940
-29	33280	49910	166400	22	2284	3426	11420
-28	31300	46940	156500	23	2184	3277	10920
-27	29440	44160	147200	24	2090	3135	10450
-26	27700	41560	138500	25	2000	3000	10000
-25	26080	39130	130500	26	1915	2872	9574
-24	24580	36860	122900	27	1833	2750	9165
-23	23160	34730	115800	28	1756	2633	8779
-22	21820	32740	109100	29	1682	2523	8410
-21	20580	30870	102900	30	1612	2417	8060
-20	19424	29130	97110	31	1544	2317	7722
-19	18332	27490	91650	32	1481	2221	7402
-18	17308	25950	86500	33	1420	2130	7100
-17	16344	24510	81710	34	1362	2042	6807
-16	15444	23160	77220	35	1306	1959	6532
-15	14596	21890	72960	36	1254	1880	6270
-14	13800	20700	69010	37	1203	1805	6017
-13	13052	19580	65280	38	1155	1733	5777
-12	12352	18520	61770	39	1109	1664	5546
-11	11692	17530	58440	40	1065	1598	5329
-10	11068	16600	55330	41	1024	1535	5116
-9	10484	15720	52440	42	984	1475	4916
-8	9932	14900	49690	43	945	1418	4725
-7	9416	14120	47070	44	909	1363	4543
-6	8928	13390	44630	45	874	1310	4369
-5	8468	12700	42340	46	840	1260	4202
-4	8032	12050	40170	47	808	1212	4042
-3	7624	11440	38130	48	778	1167	3889
-2	7240	10860	36190	49	748	1123	3743
-1	6876	10310	34370	50	720	1081	3603
0	6532	9796	32660	51	694	1040	3469

Temp. °C	Types de résistances			Temp. °C	Types de résistances		
	2K	3K	10K		2K	3K	10K
52	668	1002	3340	102	128	192.2	640.3
53	643	965.0	3217	103	125	186.8	622.1
54	620	929.6	3099	104	121	181.5	604.4
55	597	895.8	2986	105	118	176.4	587.5
56	576	863.3	2878	106	114	171.4	571.0
57	555	832.2	2774	107	111	166.7	555.1
58	535	802.3	2675	108	108	162.0	540.0
59	516	773.7	2580	109	105	157.6	524.9
60	498	746.3	2488	110	102	153.2	510.7
61	480	719.9	2400	111	99	149.0	496.4
62	463	694.7	2316	112	97	145.0	483.1
63	447	670.4	2235	113	94	141.1	469.8
64	432	647.1	2157	114	91	137.2	457.4
65	416	624.7	2083	115	89	133.6	444.9
66	402	603.3	2011	116	87	130.0	433.4
67	388	582.6	1942	117	84	126.5	421.8
68	375	562.8	1876	118	82	123.2	410.7
69	363	543.7	1813	119	80	119.9	399.6
70	350	525.4	1752	120	78	116.8	389.4
71	339	507.8	1693	121	76	113.8	379.2
72	327	490.9	1636	122	74	110.8	369.4
73	316	474.7	1582	123	72	107.9	360.1
74	306	459.0	1530	124	70	105.2	350.8
75	296	444.0	1479	125	68	102.5	341.9
76	286	429.5	1431	126	67	99.9	333.0
77	277	415.6	1385	127	65	97.3	324.6
78	268	402.2	1340	128	63	94.9	316.6
79	260	389.3	1297	129	62	92.5	308.6
80	251	376.9	1255	130	60	90.2	301.1
81	243	364.9	1215	131	59	87.9	293.5
82	236	353.4	1177	132	57	85.7	286.0
83	228	342.2	1140	133	56	83.6	279.3
84	221	331.5	1104	134	54	81.6	272.2
85	214	321.2	1070	135	53	79.6	265.5
86	208	311.3	1036	136	52	77.6	259.3
87	201	301.7	1004	137	51	75.8	253.1
88	195	292.4	973.8	138	49	73.9	246.9
89	189	283.5	944.1	139	48	72.2	241.1
90	183	274.9	915.2	140	47	70.4	235.3
91	178	266.6	887.7	141	46	68.8	229.6
92	172	258.6	861.0	142	45	67.1	224.2
93	167	250.9	835.3	143	44	65.5	218.9
94	162	243.4	810.4	144	43	64.0	214.0
95	157	236.2	786.4	145	42	62.5	208.7
96	153	229.3	763.3	146	41	61.1	203.8
97	148	222.6	741.1	147	40	59.6	199.4
98	144	216.1	719.4	148	39	58.3	194.5
99	140	209.8	698.5	149	38	56.8	190.1
100	136	203.8	678.5	150	37	55.6	185.9
101	132	197.9	659.0				

Conversion température~résistance



